

**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

**Peperiksaan Semester Pertama  
Sidang Akademik 2001/2002**

**September 2001**

**ESA 342 – Sistem Dorongan**

**Masa : [3 Jam]**

---

**ARAHAN KEPADA CALON :**

1. Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi EMPAT BELAS (14) mukasurat bercetak termasuk lampiran dan TUJUH (7) soalan.
2. Anda dikehendaki menjawab LIMA (5) soalan.
3. Agihan markah bagi setiap soalan diberikan di sut sebelah kanan.
4. Jawab semua soalan dalam Bahasa Melayu.
5. Mesin kira bukan yang boleh diprogram boleh digunakan.

1. (a) Lakarkan enjin jet turbo dan sistem penomborannya yang digunakan dalam analisis kitar unggul. (5 markah)
- (b) Terangkan andaian-andaian yang digunakan bila melakukan analisis kitar unggul ke atas enjin jet turbo. (5 markah)
- (c) Buktikan daripada prinsipal pertama nisbah udara bahan api  $f$  dalam analisis jet turbo ialah:-

$$f = C_p \frac{T_o}{h_{pr}} [\tau_\lambda - \tau_r]$$

Dengan :  $C_p$  : pekali haba pada tekanan malar  
 $T_o$  : suhu ambien

$$\tau_\lambda = \frac{C_p T_{T4}}{C_p T_o}$$

$$\tau_r = \frac{T_{To}}{T_o}$$

$(T_{T..})$  = suhu genangan (stagnation temperature)

$h_{pr}$  = nilai pemanas bahan api

(5 markah)

- (d) Tunjukkan bahawa kuasa terimbang sayap di antara pemampat dan turbin bagi nisbah suhu turbin  $\tau_t$  dalam analisis enjin jet turbo unggul adalah seperti berikut:-

$$\tau_t = 1 - \frac{\tau_r}{\tau_\lambda} [\tau_c - 1]$$

(5 markah)

...3/

- 3 -

2. Enjin jet turbo dengan pembakar lanjut mempunyai data komponen enjin seperti yang berikut:

Nisbah tekanan peresap dengan kesan geseran dinding  $\pi_{\max} = 0.97$

Nisbah tekanan pemampat  $\pi_c = 24$

Nisbah tekanan pembakar  $\pi_D = 0.92$

Nisbah tekanan muncung  $\pi_N = 0.95$

Keupayaan penghantaran pemampat-turbin  $\eta_m = 0.95$

Had suhu turbin  $T_{T4} = 2500^\circ\text{C}$

Had suhu pembakaran lanjut  $T_{T7} = 3000^\circ\text{C}$

Nisbah tekanan  $\frac{P_2}{P_0} = 0.90$

Sifat-sifat gas:

Sebagai gas sejuk :  $\gamma_c = 1.4$   
 $C_{pc} = 1004 \text{ J/kg } ^\circ\text{K}$

Sebagai gas panas  $\gamma_t = 1.3$   
 $C_{pt} = 1086 \text{ J/kg } ^\circ\text{K}$

Nilai pemanasan bahan api  $h_{pr} : 42 \times 10^6 \text{ J/kg } ^\circ\text{K}$

Enjin ini direkabentuk pada kelajuan pesawat kendalian 320 m/sec dan altitu 7000 m.

- (a) Lakarkan gambarajah dan sistem penomboran bagi enjin tersebut.

(3 markah)

- (b) Lukiskan gambarajah perhubungan suhu-entropi (T – s)

(2 markah)

...4/

- 4 -

(c) Kirakan kelajuan penerbangan  $M_o$

(2 markah)

(d) Kirakan tujah khusus  $\frac{F}{m_o}$

(5 markah)

(e) Kirakan jumlah nisbah udara bahan api  $f$

(5 markah)

(f) Kirakan kecekapan keseluruhan  $\eta_o$

(3 markah)

- 5 -

3. (a) Terangkan alasan mengapa kipas diperkenalkan di dalam enjin kipas turbo

(5 markah)

- (b) Terangkan mengapa enjin kipas turbo mempunyai keupayaan meningkatkan prestasi yang lebih baik pada nombor Mach tinggi dibandingkan dengan enjin sangga-turbo.

(5 markah)

- (c) Lakarkan lukisan dan sistem penomboran stesen yang digunakan untuk analisis kitar unggul dalam enjin kipas turbo dengan sistem eksos terpisah.

(5 markah)

- (d) Terangkan definisi kecekapan haba  $\eta_t$ , kecekapan dorongan  $\eta_p$ , kecekapan keseluruhan  $\eta_o$ , nisbah tujah FR dan nisbah pirau  $\alpha$  dalam konteks enjin kipas turbo.

(5 markah)

- 6 -

4. Tujah bagi enjin kipas turbo mempunyai persamaan tujuh yang khusus diberi sebagai:

$$\frac{F}{M_o} = \frac{a_o}{1 + \alpha} \left[ \frac{V_9}{a_o} - M_o + \alpha \left( \frac{V_{19}}{a_o} - M_o \right) \right]$$

dengan F	=	Tujuh
$M_o$	=	Nombor Mach
$a_o$	=	Kelajuan bunyi
$\alpha$	=	Nisbah pirau (by-pass ratio)
$V_9$	=	Halaju jet pada muncung utama
$V_{19}$	=	Halaju jet pada muncung kedua

Dengan mempertimbangkan bahawa semua komponen enjin beroperasi pada keadaan yang unggul, tunjukkan bahawa:

$$(a) \quad \left( \frac{V_9}{a_o} \right)^2 = \frac{2}{\gamma - 1} \frac{\tau_\lambda}{\tau_r \tau_c} (\tau_r \tau_c \tau_t - 1)$$

(5 markah)

$$(b) \quad \left( \frac{V_{19}}{a_o} \right)^2 = \frac{2}{\gamma - 1} (\tau_r \tau_t - 1)$$

(5 markah)

- (c) Menggunakan keseimbangan kuasa pemampat + kipas = turbin, tunjukkan bahawa nisbah suhu turbin  $\tau_t$  ialah.

$$\tau_t = 1 - \frac{\tau_r}{\tau_\lambda} [\tau_c - 1 + \alpha [\tau_r - 1]]$$

(5 markah)

...7/

- 7 -

- (d) Menggunakan keseimbangan tenaga dalam kebuk pembakaran. Tunjukkan bahawa nisbah udara bahan api adalah diberi sebagai:

$$f = \frac{C_p T_o}{h_{pr}} [\tau_\lambda - \tau_r \tau_c]$$

(5 markah)

5. Engin kipas turbo baru dengan sistem eksos terpisah yang mempunyai data komponen enjin seperti yang berikut:

- Nisbah tekanan peresap yang disebabkan oleh geseran dinding  
 $\pi_{d\max} = 0.98$
- Nisbah tekanan pemampat  $\pi_b = 0.95$
- Nisbah tekanan muncung  $\pi_n = 0.98$
- Nisbah tekanan muncung kedua  $\pi_{nf} = 0.98$
- Nisbah tekanan pada stesen luar bagi muncung utama  $\frac{P_9}{P_0} = 0.9$
- Nisbah tekanan pada stesen luar bagi muncung kedua  $\frac{P_{19}}{P_0} = 0.9$
- Kecekapan politropik pemampat  $e_c = 0.85$
- Kecekapan politropik kipas  $e_f = 0.85$
- Kecekapan politropik turbin  $e_t = 0.85$
- Had suhu turbin  $T_{T4} = 1900^\circ\text{K}$ .
- Kecekapan pembakar  $\eta_b = 0.96$
- Kecekapan penghantaran pemampat-turbin  $\eta_m = 0.95$
- Nisbah pirau  $\alpha = 6$

Sifat-sifat gas:

Sebagai gas sejuk :  $\gamma_c = 1.4$

$$C_{pc} = \frac{1004 \text{ J}}{\text{kg}^\circ\text{K}}$$

Sebagai gas panas:  $\gamma_t = 1.3$

...8/

- 8 -

$$C_{pt} = 1096 \frac{J}{Kg^{\circ}K}$$

Nilai pemanasan bahan api  $h_{pr} = 42 \times 10^6 \text{ J/kg}$

Enjin tersebut direkabentuk untuk mendorong pesawat pada kelajuan menjajap 400 m/saat dan altitud terbang 10 km. Disamping itu enjin ini juga direkabentuk untuk beroperasi pada nisbah tekanan kipas optimum  $\pi_f^*$ .

Berdasarkan pada data di atas, tentukan:

- (a) Nombor Mach bagi kelajuan pesawat

(2 markah)

- (b) Nisbah tekanan kipas optimum  $\pi_f^*$

(2 markah)

- (c) Nisbah udara bahan api  $f$

(2 markah)

- (d) Halaju keluar dari muncung kedua

(4 markah)

- (e) Nombor Mach pada stesen luar muncung utama

(4 markah)

- (f) Tujah khusus bagi enjin kipas turbo tersebut

(2 markah)

- (g) Kecekapan haba

(2 markah)

...9/



(h) Kecekapan keseluruhan

(2 markah)

6. (a) Beberapa kaedah telah dibangunkan bagi analisis prestasi bilah

(i) Terangkan idea asas teori momentum.

(ii) Terangkan idea asas bagi kaedah teori gabungan momentum/teori unsur bilah.

(10 markah)

(b) Diberikan bilah dengan data ciri-ciri seperti yang berikut..

Kelajuan putaran :  $N = 3000 \text{ Rpm}$

Diameter bilah  $D = 1.2 \text{ m.}$

Nombor bilah  $B = 4$

Faktor aktiviti bilah  $A.F = 90$

Pekali angkat bersepadu bahagian kerajang udara  $C_{Li} = 0.7$

Jika kuasa kuda brek bagi enjin ialah  $450 \text{ Bhp}$  dan data  $C_T$  berbanding dengan  $C_p$  untuk  $AF = 80$  dan  $AF = 120$  seperti yang ditunjukkan dalam rajah 7A.5 and 7A.6.

Tentukan:

(i) Pekali kuasa bilah  $C_p$

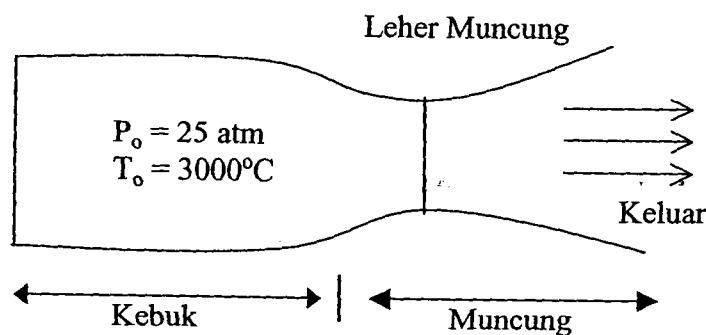
(ii) Nisbah pekali tujuh dan kuasa  $C_T/C_p$

(iii) Tujah statik bilah  $T_s$

Rajah 7A.32 dan rajah 7A-40 menunjukkan pekali kuasa  $C_p$  terhadap nisbah lanjut  $J$ , untuk jenis bilah ini. Untuk menggambarkan variasi tujahan terhadap halaju pesawat pada waktu berlepas dengan kuasa kuda brek maksimum 450 Bhp. Dijangkakan keadaan atmosfera adalah sama dengan keadaan di permukaan laut. Untuk tujuan ini, gunakan data halaju pada: halaju  $V = 50 \text{ km/jam}$ ,  $80 \text{ km/jam}$  dan  $100 \text{ km/jam}$ . Gambarkan dalam bentuk grafik dari tujahan kehadapan ini terhadap halaju.

(10 markah)

7. Gambar di bawah ini memperlihatkan gambarajah sebuah kebuk tujahan roket unggul



Dalam kebuk pembakaran, suhu genangan  $t_o$  dan tekanan genangan  $P_o$  diberikan  $3000^\circ\text{C}$  dan  $25 \text{ atm}$ . Daripada kebuk pembakaran, gas berkembang melalui muncung secara isentropik untuk mencapai tekanan keluar  $0.88 \text{ atm}$ . Luas leher ialah  $13 \text{ cm}^2$ . Tentukan:

- |     |   |            |
|-----|---|------------|
| (a) | Halaju aliran pada leher                | (4 markah) |
| (b) | Halaju aliran massa                     | (4 markah) |
| (c) | Nombor Mach pada stesen luar            | (4 markah) |
| (d) | Luasan luar muncung                     | (4 markah) |
| (e) | Tujahan yang dihasilkan oleh aliran jet | (4 markah) |

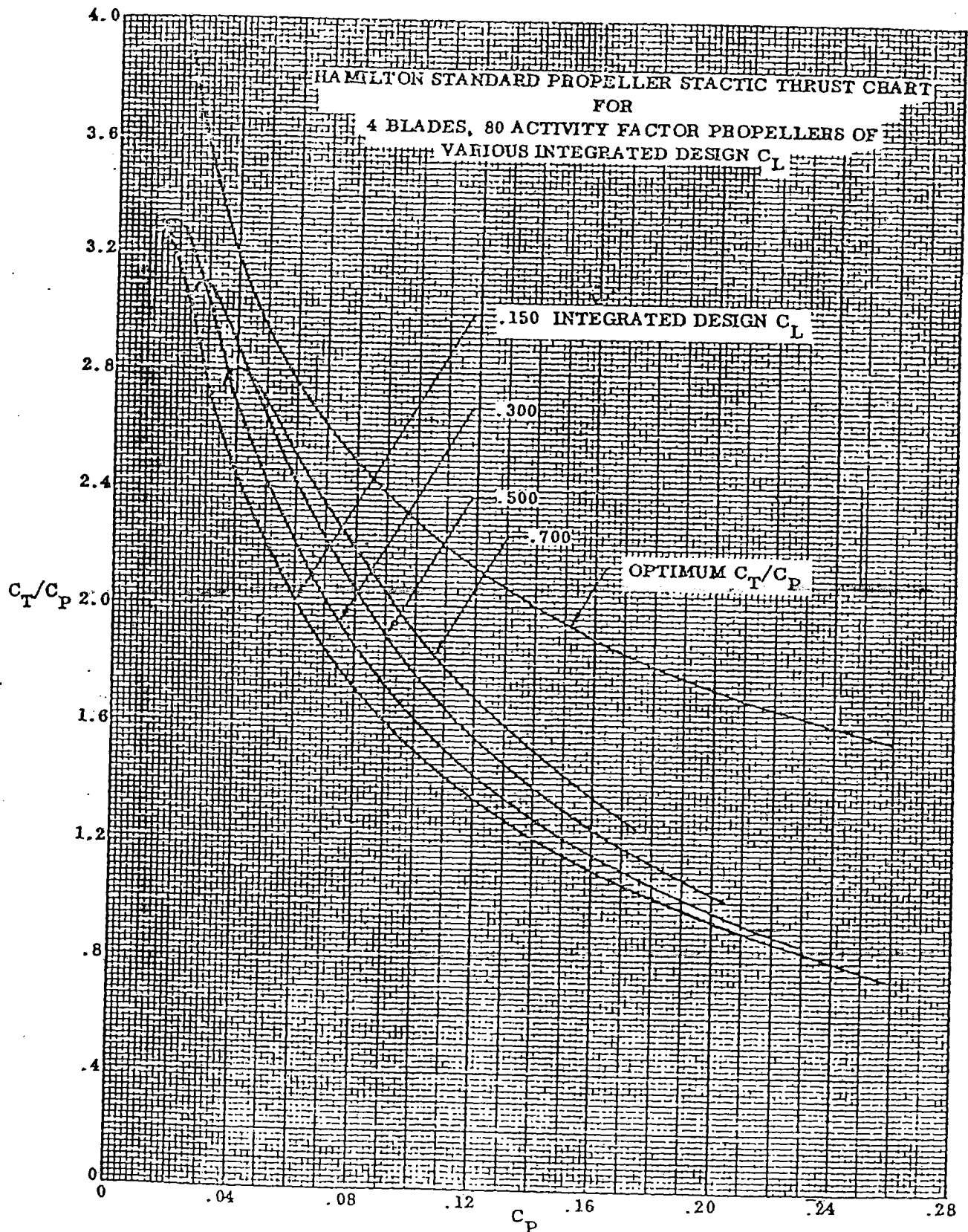


Figure 7A.5  $C_T$  and  $C_P$  for Static Thrust with  $B=4$ , and  $AF=80$

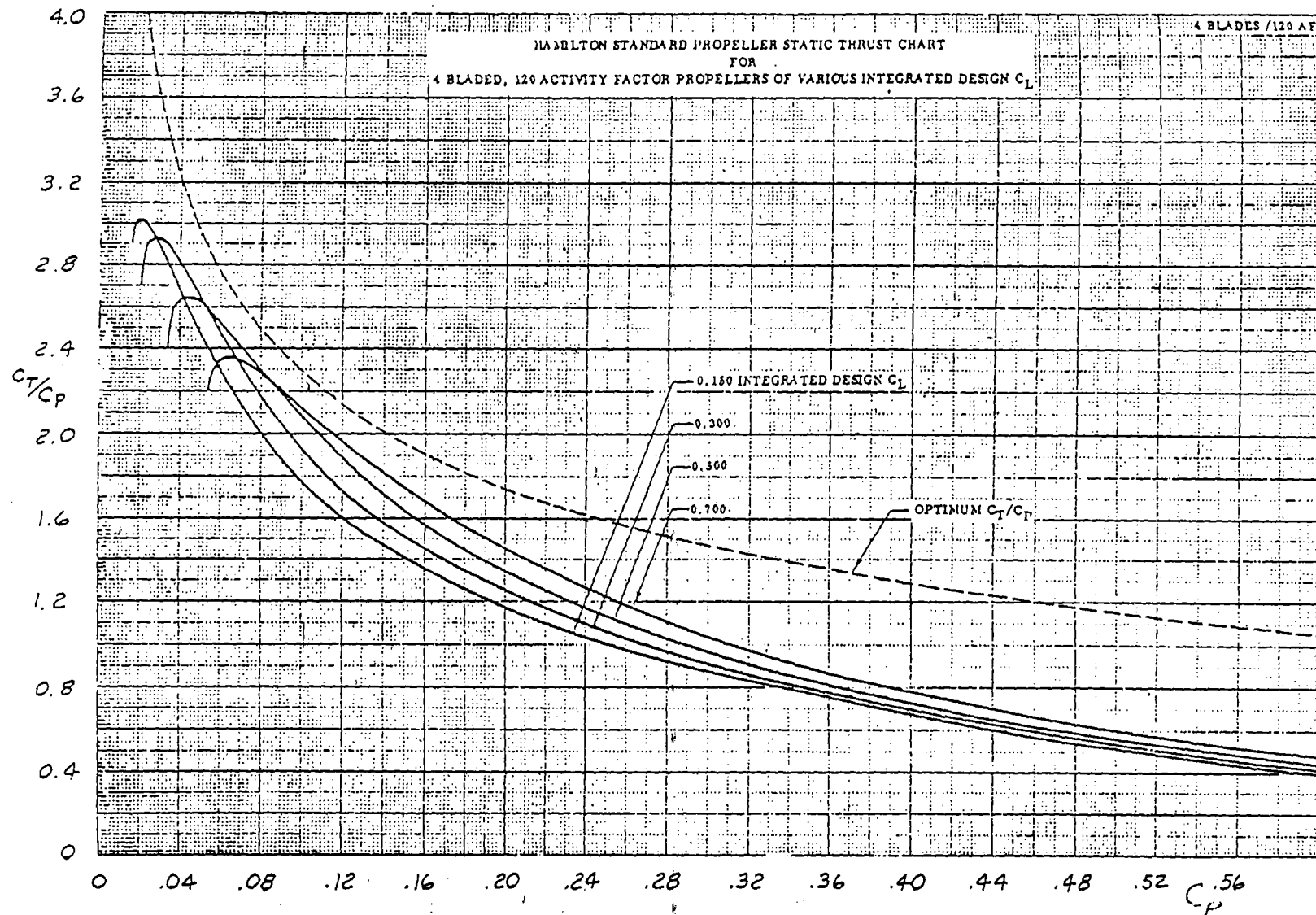


Figure 7A.6  $C_T$  and  $C_P$  for Static Thrust with  $B=4$ , and  $AF=120$

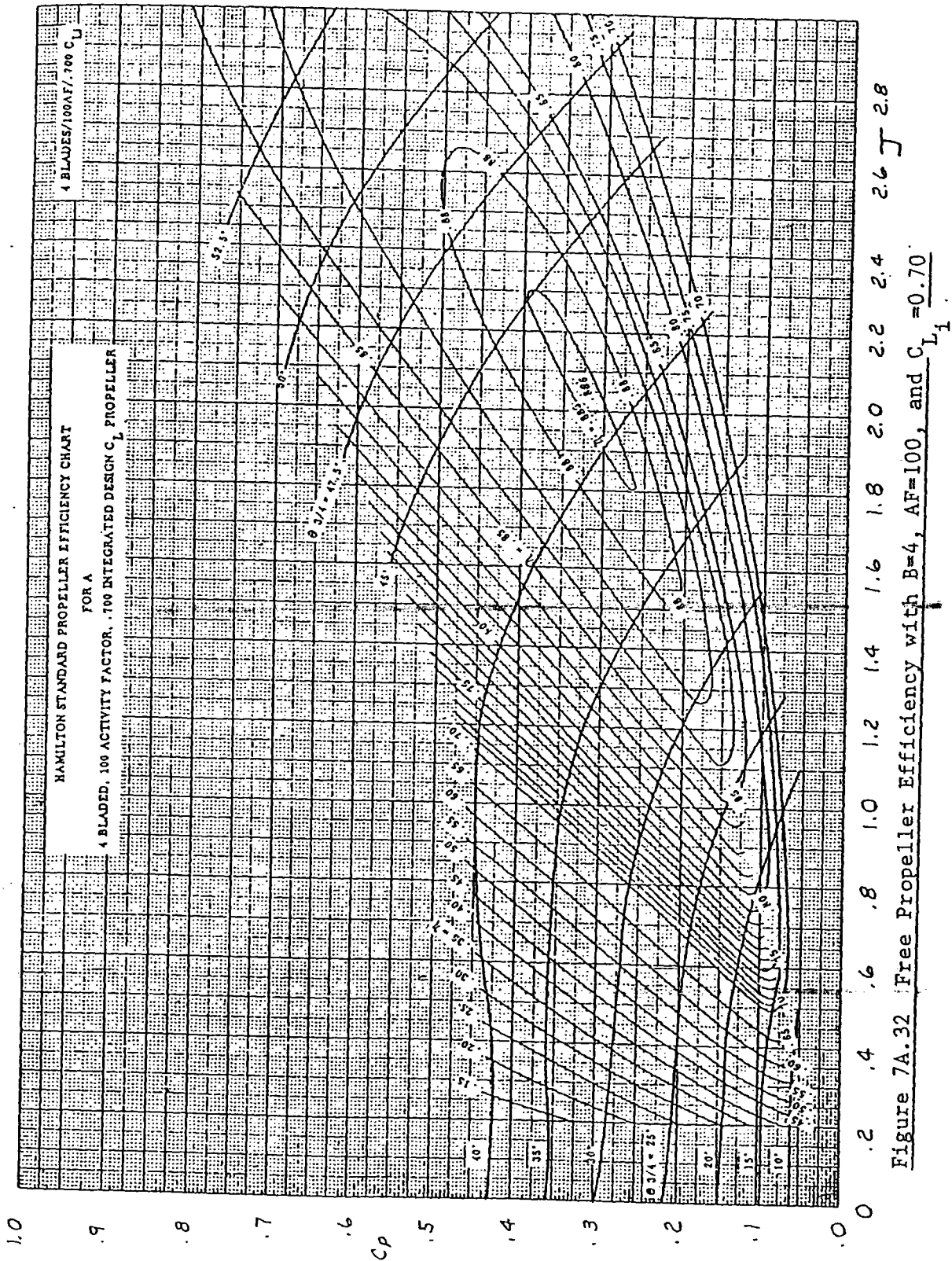


Figure 7A.32 Free Propeller Efficiency with  $B=4$ ,  $AF=100$ , and  $C_{L_i}=0.70$

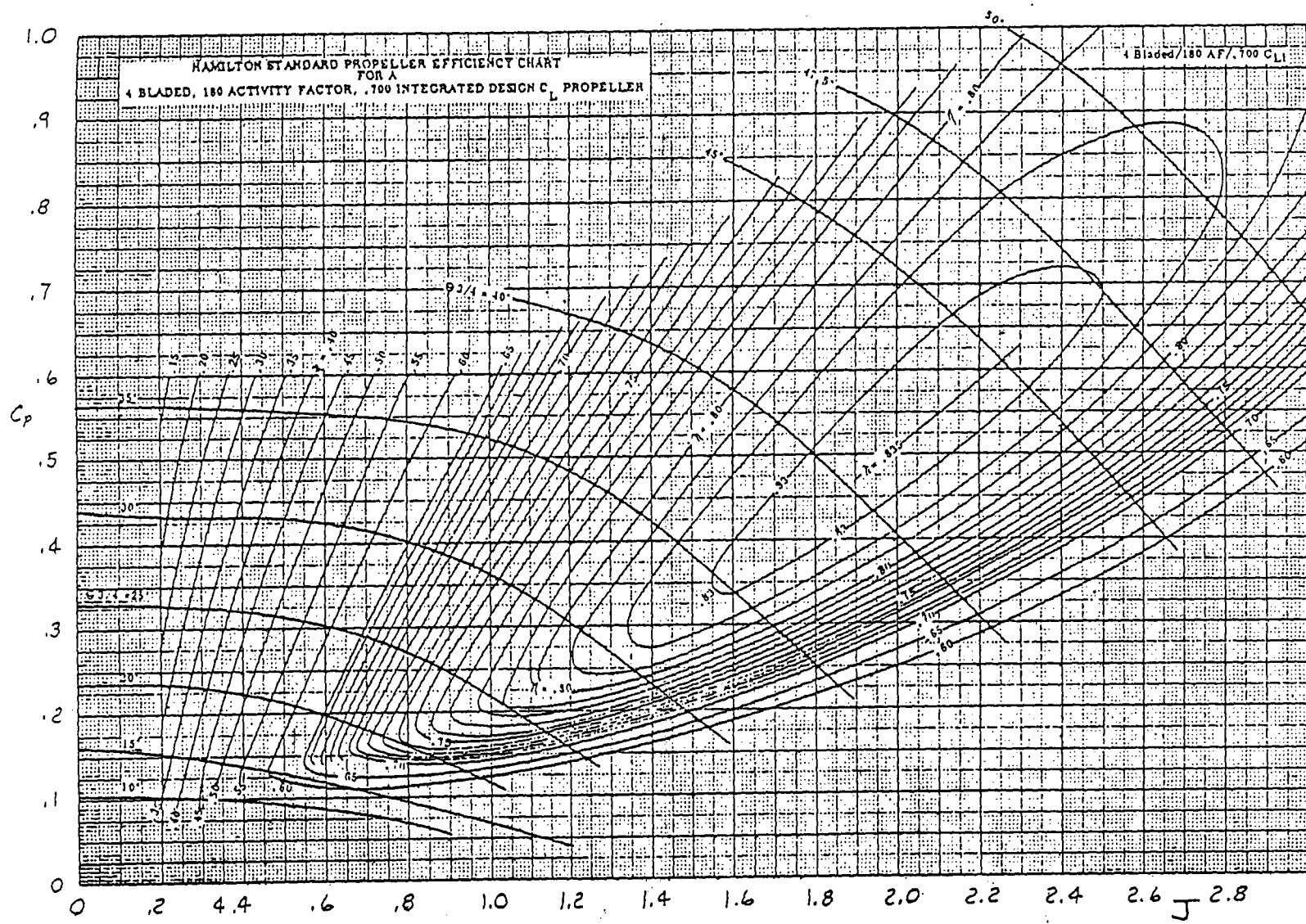


Figure 7A.40 Free Propeller Efficiency with  $B=4$ ,  $AF=180$ , and  $C_{L1}=0.70$